

# PENGARUH PENINGKATAN KONSENTRASI Fe PADA LAPISAN TIPIS $\text{TiO}_2$ TERHADAP KEMAMPUAN FOTOKATALIS DALAM JELANTAH

Ummi Kaltsum<sup>1)</sup>, Joko Saefan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Pendidikan Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, dan Teknologi Informasi, Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas PGRI Semarang, Jl. Dr. Cipto – Lontar No. 1 Semarang; Telp.024-8451279. Email: [ummikaltsum@upgris.ac.id](mailto:ummikaltsum@upgris.ac.id)

<sup>2)</sup>Fakultas Pendidikan Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, dan Teknologi Informasi, Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas PGRI Semarang, Jl. Dr. Cipto – Lontar No. 1 Semarang; Telp.024-8451279. Email: [jokosaefan@upgris.ac.id](mailto:jokosaefan@upgris.ac.id)

## Abstrak

Penambahan dopan Fe pada lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  telah diketahui berhasil meningkatkan aktivitas fotokatalis dalam jelantah. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh peningkatan konsentrasi dopan Fe pada lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  terhadap fotoaktivitas lapisan tipis. Lapisan tipis dibuat dengan mencampurkan TTiP, AcAc, etanol dan dopan Fe dari  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Konsentrasi Fe divariasikan dalam 1%, 2% dan 3%. Campuran tersebut selanjutnya dideposisikan pada substrat dengan metode *spray coating* pada suhu 450 °C dan dianil pada suhu 500 °C selama 2 jam. Lapisan tipis yang terbentuk diuji karakteristiknya berupa morfologi, optis dan struktur kristal dengan SEM, UV Vis spektrofotometer, dan xrdiffractometer. Fotoaktivitas lapisan tipis diuji dalam jelantah selama 5 jam dengan sinar UV dan hasilnya ditentukan dengan metode titrasi. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan konsentrasi dopan Fe meningkatkan kemampuan fotokatalis lapisan tipis. Kemampuan fotokatalis yang paling optimum dihasilkan oleh lapisan tipis Fe- $\text{TiO}_2$  3% dengan penurunan ALB dan PV sebesar 45% dan 29%.

**Kata kunci:** dopan, konsentrasi, Fe, aktivitas fotoaktivitas,  $\text{TiO}_2$ .

## Abstract

*The aim of this research is to know the effect of increasing dopant Fe concentration on  $\text{TiO}_2$  thin film to the thin film photoactivity. Thin films were made by mixing TTiP, AcAc, ethanol and Fe dopant from  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Fe concentration was varied in 1%, 2% and 3%. The mixture was subsequently deposited on the substrate by spray coating method at 450 °C and was annealed at 500 °C for 2 hours. The thin films formed were tested their morphology, optical and crystal structure by SEM, UV Vis Spectrophotometer, and XRD, respectively. The thin films photoactivity was tested in used frying oil for 5 hours with UV light and the result was determined by the titration method. The results showed increasing of Fe dopant concentration increases the photoactivity of thin film. The highest photoactivity resulted by Fe- $\text{TiO}_2$  3% thin film that degraded FFA up to 45% and PV up to 29%.*

**Keywords:** dopant, concentration, Fe, photocatalytic activity,  $\text{TiO}_2$

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan lapisan tipis untuk memurnikan jelantah telah dilakukan oleh Kaltsum et al (2016, 2017). Lapisan tipis yang digunakan adalah  $\text{TiO}_2$ , karena lapisan ini telah diketahui memiliki kemampuan fotokatalis yang baik (Charp dkk, 2004). Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan fotokatalis lapisan tipis dalam degradasi polutan adalah penggunaan doping baik logam maupun non logam (Ahmed et al, 2011). Peningkatan kemampuan fotokatalis dalam jelantah dengan menambahkan dopan Fe pada lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  telah dilakukan oleh Kaltsum dkk (2017). Hasilnya, lapisan tipis Fe- $\text{TiO}_2$  memiliki kemampuan fotokatalis lebih tinggi dibandingkan lapisan tipis  $\text{TiO}_2$ .

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan fotokatalis lapisan tipis adalah absorbansi, energi gap, luas permukaan, ketebalan (Kaltsum et al, 2016; Hanini et al, 2013) dan suhu anil (Lin et al, 2013).

Pengaruh variasi konsentrasi dopan Al (0,0-1,1%) pada lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  terhadap kemampuan fotodegradasi fenol telah dilakukan oleh Murashkina et al (2015). Hasilnya, kemampuan fotodegradasi yang optimum dihasilkan oleh dopan dengan konsentrasi 0,5%. Pada penelitian ini, konsentrasi dopan Fe pada lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  divariasikan dalam 1-3%. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan konsentrasi dopan Fe yang menghasilkan kemampuan fotokatalis optimum.

## 2. METODE

### Bahan dan Alat

Lapisan tipis Fe- $\text{TiO}_2$  dibuat dengan membuat larutan prekursor terlebih dahulu. Larutan dibuat dengan mencampurkan Titanium Tetraisopropoxide (TTiP), Acetylacetone (AcAc) dan etanol dengan perbandingan molar 1:2. Untuk doping, ditambahkan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  ke dalam campuran. Dopan divariasikan dalam 1%, 2% dan 3% dengan perbandingan molar

Ti. Larutan selanjutnya disemprotkan ke substrat dengan metode spray coating pada suhu 450 °C dan dianil selama 2 jam pada suhu 500 °C. Lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> yang terbentuk diuji struktur morfologi dengan scanning electron microscope (SEM), struktur kristal dengan x-ray diffractometer, dan sifat optik lapisan dengan uji transmitansi UV-Vis Spectrofotometer.

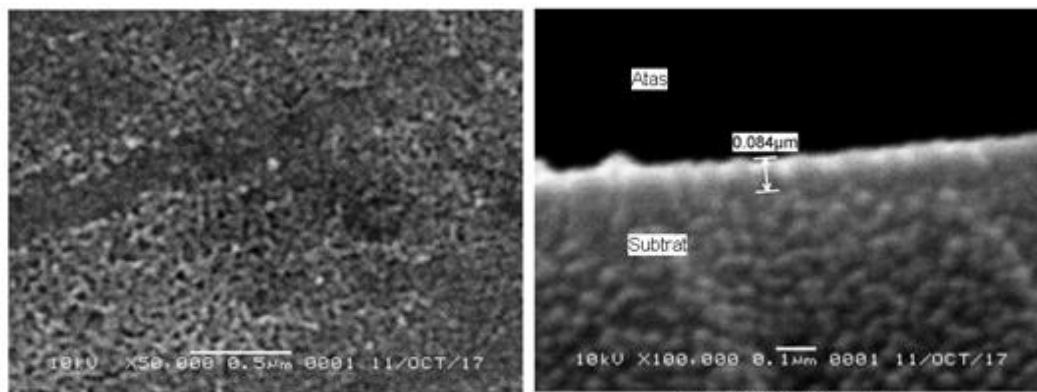
#### Metode penelitian

Lapisan tipis selanjutnya diuji kemampuan fotokatalisnya dalam jelantah dengan menggunakan lampu ultraviolet (UV) selama 5 jam. Jelantah yang telah disinari diukur kandungan asam lemak bebas (ALB) dan bilangan peroksida (PV) dengan metode

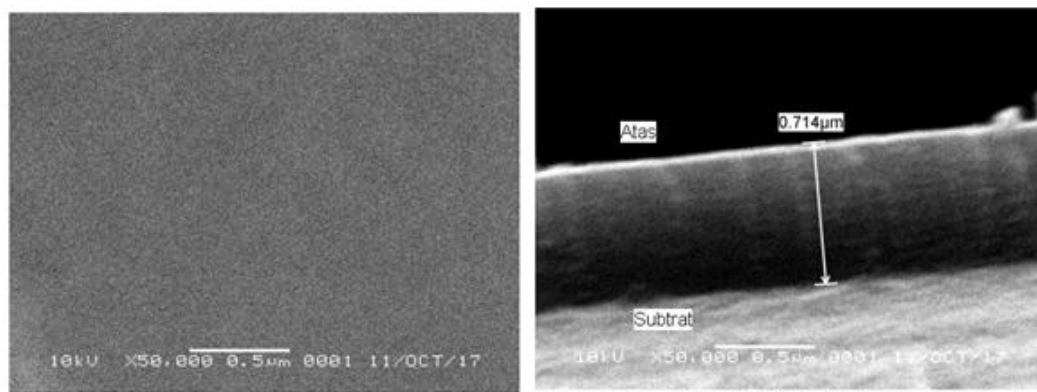
titrasi. Data sifat-sifat lapisan tipis dan kandungan ALB dan PV dianalisis untuk diketahui kemampuan fotokatalis lapisan tipis.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

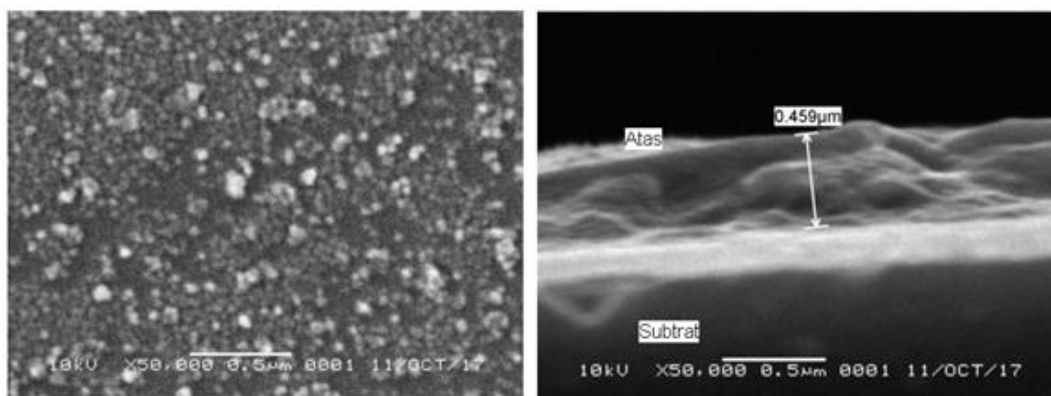
Hasil pengujian sifat-sifat lapisan tipis yang terbentuk akan diuraikan secara lebih rinci sebagai berikut. Struktur morfologi berupa citra permukaan dan ketebalan lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 1% dan Fe-TiO<sub>2</sub> 3% yang diuji menggunakan SEM ditampilkan pada Gambar 1-3. Dari gambar tampak bahwa ketiga lapisan tipis tersusun atas bulir-bulir dimana bulir-bulir lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 2% paling kecil dan merata. Dari sisi ketebalan, didapatkan lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 2% (0,714 µm) paling tebal dibandingkan kedua lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> yang lain.



**Gambar 1.** Citra permukaan (kiri) dan ketebalan (kanan) lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 1%



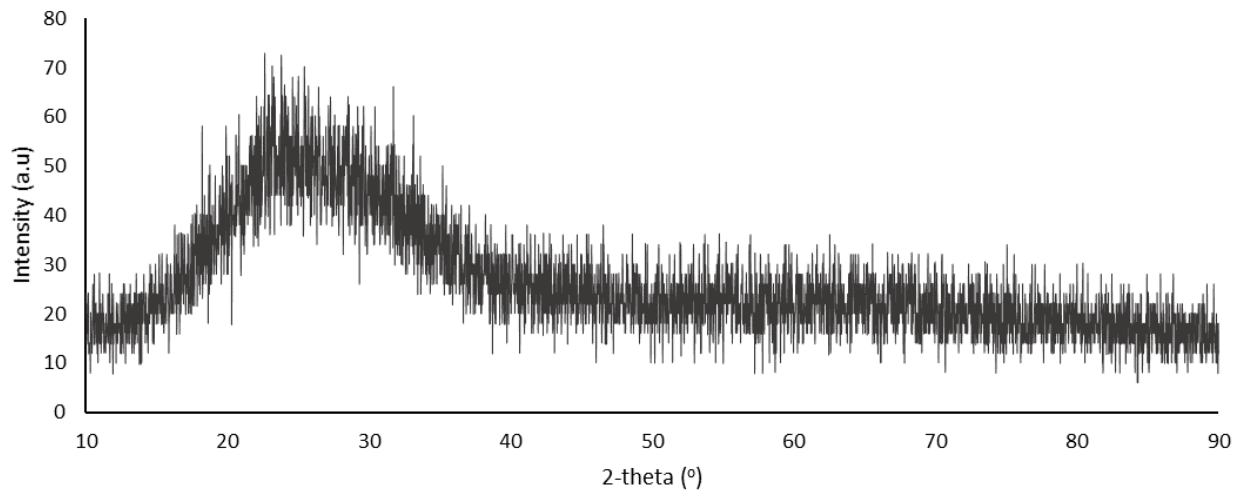
**Gambar 2.** Citra permukaan (kiri) dan ketebalan (kanan) lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 2%



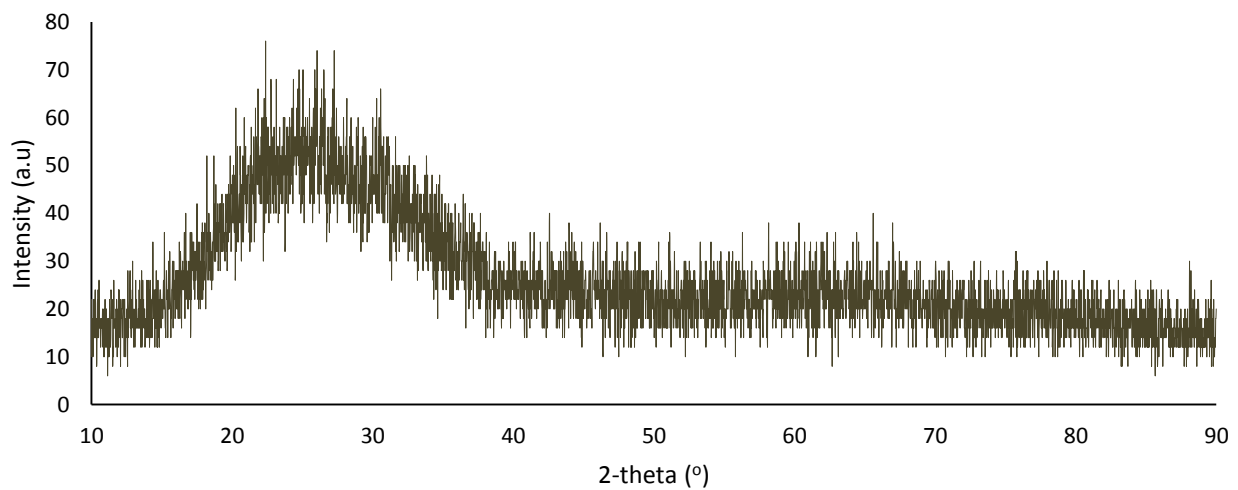
**Gambar 3.** Citra permukaan (kiri) dan ketebalan (kanan) lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 3%

Hasil pengujian struktur kristal ketiga lapisan tipis ditampilkan melalui grafik x-ray diffraction (XRD) seperti dilukiskan pada Gambar 4-6. Dari gambar dapat diketahui bahwa pada ketiga lapisan tipis tidak

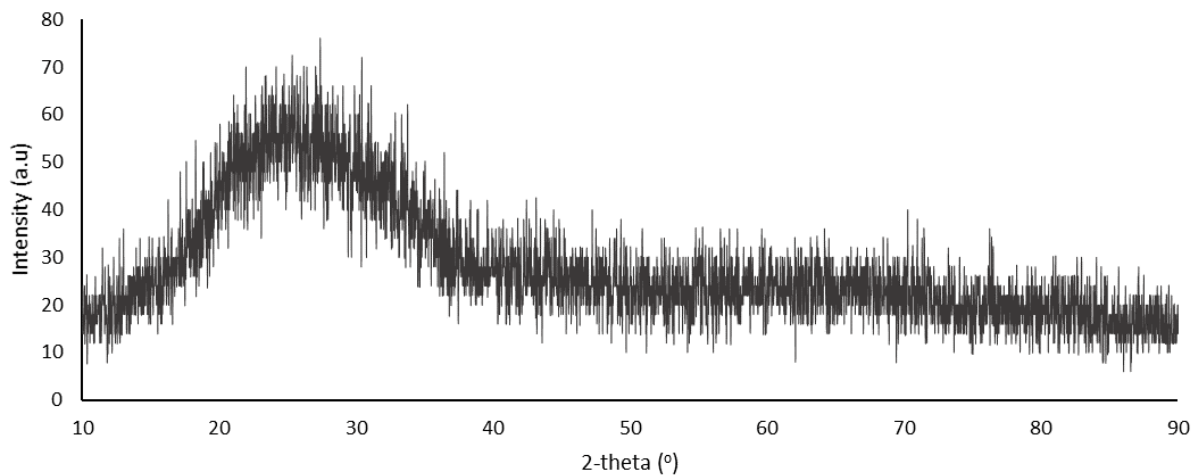
ditemukan puncak spektrum yang menonjol pada sudut tertentu, sehingga ketiga lapisan tipis memiliki struktur amorf.



**Gambar 4.** Spektrum difraksi lapisan Fe-TiO<sub>2</sub> 1%



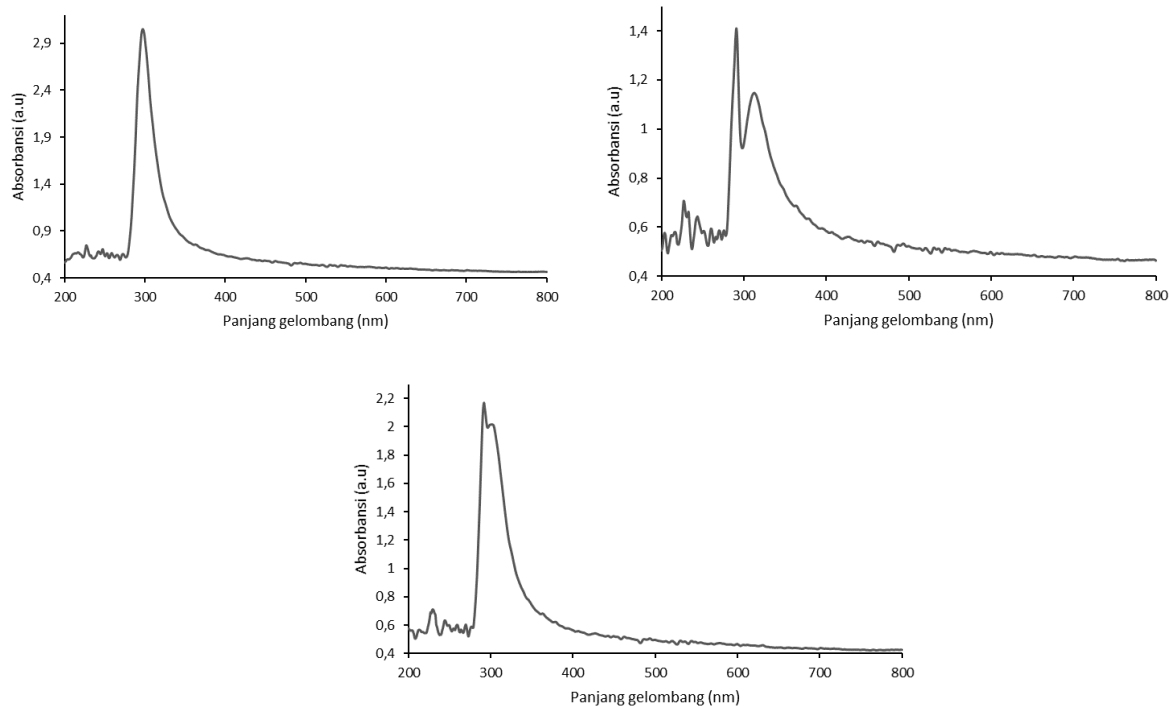
**Gambar 5.** Spektrum difraksi lapisan Fe-TiO<sub>2</sub> 2%



**Gambar 6.** Spektrum difraksi lapisan Fe-TiO<sub>2</sub> 3%

Sifat optis lapisan tipis dapat diketahui melalui spektrum absorbansi yang dihasilkan dari UV-Vis spectrometer seperti ditampilkan pada gambar 6. Spektrum absorbansi yang dihasilkan oleh ketiga

lapisan tipis memiliki puncak pada rentang panjang gelombang 280-350 nm (sinar UV) dengan puncak yang paling tinggi pada lapisan Fe-TiO<sub>2</sub> 1%.



**Gambar 7.** Spektrum absorbansi lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 1% (kiri atas), Fe-TiO<sub>2</sub> 2% (kanan atas), dan Fe-TiO<sub>2</sub> 3% (bawah)

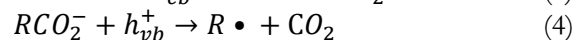
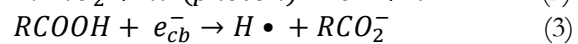
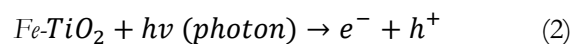
Data spektrum absorbansi dapat digunakan untuk menentukan besarnya energi gap melalui metode Tauc plot transisi tidak langsung seperti pada persamaan (1) (Welte et al, 2008).

$$(\alpha h\nu)^{1/2} = A(h\nu - E_g) \quad (1)$$

Dengan  $\alpha$  koefisien absorpsi,  $h\nu$  energi foton,  $A$  konstanta dan  $E_g$  energi gap. Hasil perhitungan didapatkan besarnya energi gap lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 1% adalah 3,63 eV, Fe-TiO<sub>2</sub> 2% adalah 2,35 eV, dan Fe-TiO<sub>2</sub> 3% adalah 3,43 eV.

Kemampuan fotokatalis lapisan tipis diuji dalam jelantah dengan disinari lampu UV selama 5 jam dan hasilnya disajikan pada Tabel 1. Penurunan ALB dan PV terbesar dihasilkan oleh lapisan Fe-TiO<sub>2</sub> 3% yaitu sebesar 45,71% dan 29,98%. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi Fe meningkatkan kemampuan fotokatalis lapisan tipis. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan fotokatalis lapisan tipis adalah absorbansi, energi gap, ukuran bulir, dan ketebalan. Dalam penelitian ini, kemampuan fotokatalis yang paling optimum ditunjukkan oleh lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 3%. Hal ini dipengaruhi oleh dipengaruhi oleh ketebalan yang besar, absorbansi yang besar dan energi gap yang kecil. Semakin tebal

lapisan tipis, semakin banyak molekul jelantah yang berinteraksi dengan molekul lapisan tipis. Semakin besar absorbansi, semakin banyak foton yang diserap lapisan tipis. Semakin kecil energi gap, semakin banyak foton yang energinya diserap oleh elektron untuk naik dari pita valensi ke pita konduksi. Syarat elektron bisa naik ke pita konduksi jika menyerap foton dengan energi sama atau lebih besar dari energi gap. Kenaikan elektron tersebut akan menghasilkan hole ( $h^+$ ) di pita valensi dan elektron konduksi ( $e^-$ ) di pita konduksi. Hole dan elektron konduksi tersebut akan berinteraksi dengan molekul jelantah menghasilkan radikal ( $H \bullet$  dan  $R \bullet$ ). Radikal akan mendegradasi polutan dalam jelantah, sehingga jumlah polutan dalam jelantah berkurang (Luan, X. dan Wang, Y, 2014). Pada penelitian ini, polutan yang diukur adalah ALB dan peroksida. Proses degradasi ini secara lebih ringkas dituliskan dalam persamaan (2-4).



**Tabel 1.** Nilai ALB dan PV jelantah sebelum dan setelah penyinaran dengan lampu UV

No	Lapisan tipis	ALB (%)	Penurunan ALB (%)	PV (meq/kg)	Penurunan PV (%)
1	Jelantah awal	0,7	-	8,04	-
2	Fe- TiO <sub>2</sub> 1%	0,55	21,43	7,04	12,44
3	Fe- TiO <sub>2</sub> 2%	0,47	32,86	6,38	20,65
4	Fe- TiO <sub>2</sub> 3%	0,38	45,71	5,63	29,98

#### 4. SIMPULAN

Kemampuan fotokatalis lapisan tipis Fe-TiO<sub>2</sub> 3% paling optimum dalam menurunkan ALB dan PV dalam jelantah yaitu sebesar 45% dan 29%. Faktor dominan yang mempengaruhi kemampuan fotokatalis ini adalah ketebalan, absorbansi dan energi gap.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) yang telah mendanai penelitian ini dalam skema hibah Penelitian Dosen Pemula tahun 2017.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Rasul, M. G., Martens, W. N., Brown, R., & Hashib, M. A., 2011. Advances in Heterogeneous Photocatalytic Degradation of Phenols and Dyes in Wastewater: A Review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 215 pp. 1-4.
- Charp, O., Huisman, C.L., Reller, A., 2004. Photoinduced Reactivity of Titanium Dioxide. *Progress in Solid State Chemistry*, 32: 33-177.
- Hanini, F., Bouabellou, A., Bouachiba, Y., Kermiche, F., Taabouche, A., Hemissi, M., Lakhdar, D., 2013. Structural, Optical and Electrical Properties of TiO<sub>2</sub> Thin Films Synthesized by Sol-Gel Technique. *IOSR Journal of Engineering*, vol. 3 no. 6 pp. 21-28.
- Kaltsum, U., Kurniawan, A.F., Nurhasanah, I., Priyono, P., 2016. Reduction of Peroxide Value and Free Fatty Acid Value of Used frying Oil Using TiO<sub>2</sub> Thin Film Photocatalyst. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, vol. 11 no. 3 pp. 369-375.
- Kaltsum, U., Kurniawan, A.F., Nurhasanah, I., Priyono, P., 2017. The Role of Concentration Ratio of TTP:AcAc on the Photocatalytic Activity of TiO<sub>2</sub> Thin Film in Reducing Degradation Products of Used Frying Oil. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, vol. 12 no. 3 pp. 430-436.
- Kaltsum, U., Kurniawan, A.F., Nurhasanah, I., Priyono, P., 2017. Pengujian Sifat Fotokatalis Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> pada Produk Degradasi Jelantah Menggunakan Elektrooptis. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, vol. 7 no. 2 pp. 61-67.
- Kaltsum, U., Saefan, J., 2017. Pengaruh Doping Fe pada Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> terhadap Sifat Optis dan Fotoaktivitas dalam Jelantah. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNHP)-VII*, Semarang.
- Lin, C.P., Chen, H., Nakaruk, A., Koshy, P., Sorrell, C.C., 2013. Effect of Annealing Temperature on the Photocatalytic Activity of TiO<sub>2</sub> Thin Films. *Energy Procedia*, vol. 34 pp. 627636.
- Luan, X., Wang, Y., 2014. Preparation and Photocatalytic Activity of Ag/Bamboo-Type TiO<sub>2</sub> Nanotube Composite Electrodes for Methylene Blue Degradation. *Materials Science in Semiconductor Processing*, vol 25 pp. 43-51.
- Murashkina A.A., Murzin, P.D., Rudakova A.V., Ryabchuk, V.K., Emeline, A.V and Bahnemann, D.W., 2015. Influence of the Dopant Concentration on the Photocatalytic Activity: Al-Doped TiO<sub>2</sub>. *J. Phys. Chem. C*, vol. 119 np. 44 pp 24695–24703.
- Welte, A., Waldauf, C., Brabec, C., Wellmann, P., 2008. Application of Optical for the Investigation of Electronic and Structural Properties of Sol-Gel Processed TiO Films. *Thin Solid Films*, vol. 516 no. 20 pp. 7256-7259.